

Aplikasi Pupuk Hayati Mikoriza untuk Meningkatkan Efisiensi Serapan Unsur Hara NPK serta Pengaruhnya terhadap Hasil dan Kualitas Umbi Bawang Merah

Sumiati, E. dan O.S. Gunawan

Balai Penelitian Tanaman Sayuran Jl. Tangkuban Parahu No. 517, Lembang, Bandung 40391

Naskah diterima tanggal 31 Maret 2005 dan disetujui untuk diterbitkan tanggal 17 Juli 2006

ABSTRAK. Salah satu cara memperbaiki hasil dan kualitas umbi bawang merah, yaitu dengan aplikasi pupuk NPK 15-15-15 dan pupuk hayati mikoriza. Penelitian dilakukan di Rumah Kaca Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Lembang (1.250 m dpl) dari Juli-Oktober 2001. Penelitian menggunakan rancangan petak terpisah dengan 3 ulangan. Petak utama pupuk NPK 15-15-15 dosis 0, 2,5, dan 5,0 g/tanaman. Anak petak pupuk hayati mikoriza dosis 2,5, 5,0, dan 7,5 g/tanaman. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa aplikasi pupuk NPK 15-15-15 dosis 2,5 g/tanaman yang dikombinasikan dengan pupuk hayati mikoriza dosis 2,5 g/tanaman meningkatkan persentase infeksi akar bawang merah oleh mikoriza. Jumlah spora yang terdeteksi pada rizosfer bawang merah yang terbanyak berasal dari aplikasi NPK 15-15-15 2,5 g/tanaman + pupuk hayati mikoriza 5 g/tanaman. Spesies mikoriza yang berasosiasi dengan tanaman bawang merah, yaitu *Glomus* sp., *Glomus* sp. hitam, dan *Gigaspora* sp.. Kandungan NPK tanaman serta pertumbuhannya meningkat oleh aplikasi NPK + pupuk hayati. Hasil umbi bawang merah nyata meningkat oleh aplikasi pupuk NPK 15-15-15 dosis 2,5-5,0 g/tanaman atau oleh aplikasi pupuk hayati mikoriza dosis 2,5-5,0 g/tanaman. Aplikasi kedua jenis pupuk tersebut tidak meningkatkan kandungan bahan kering umbi bawang merah.

Katakunci: *Allium ascalonicum*; Serapan NPK; Mikoriza; Hasil umbi; Kualitas umbi

ABSTRACT. Sumiati, E. and O.S. Gunawan. 2007. Application of Mycorrhizal Biofertilizer to Increase the Efficiency of NPK Uptake and its Effects on Yield and Quality of Shallot Bulbs. Yield and quality of shallot bulbs can be improved by application of NPK 15-15-15 in combination with mycorrhizal biofertilizer. Research was conducted at the greenhouse of Indonesian Vegetable Research Institute, Lembang (1,250 m asl) from July to October 2001. A split plot design with 3 replications was arranged. Main plot was dosage of NPK 15-15-15, viz. 0, 2.5, and 5.0 g/plant. Subplot was dosage of mycorrhizal biofertilizer, viz. 2.5, 5.0, and 7.5 g/plant. Research results revealed that the application of 2.5 g/plant NPK 15-15-15 in combination with mycorrhizal biofertilizer 2.5 g/plant increased the percentage of root infected by mycorrhiza. While the highest number of mycorrhizal spores at shallot rhizosphere was gained from application of 2.5 g/plant NPK 15-15-15 + 5 g/plant mycorrhizal biofertilizer. Species of mycorrhiza which infected shallot roots were *Glomus* sp. black, *Glomus* sp., and *Gigaspora* sp.. NPK content and the growth of shallot were increased by application of NPK 15-15-15 and biofertilizer. The yield of shallot increased significantly by application of NPK 15-15-15 dosage of 2.5 to 5.0 g/plant or mycorrhizal biofertilizer dosage of 2.5 to 5.0 g/plant. Application of both NPK 15-15-15 and mycorrhizal biofertilizer did not increase the dry matter of shallot bulbs.

Keywords: *Allium ascalonicum*; NPK uptake; Mycorrhiza; Yield of shallot; Bulb quality.

Input pupuk NPK penting untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman serta hasil umbi benih bawang merah pada akhirnya. Unsur hara N merupakan bahan pembangun asam amino/protein,

enzim, asam nukleat, nukleoprotein, dan alkaloid. Defisiensi N akan membatasi pembelahan dan perbesaran sel (Dubetz dan Bole 1975, Miflin dan Lea 1977, Guerrero *et al.* 1981). Unsur hara sebagai komponen struktural penting seperti ADP, ATP, NAD, NADPH, dan komponen dari sistem informasi genetik, yaitu DNA dan RNA. Unsur hara K berfungsi sebagai aktivator 46 macam enzim (Clarkson dan Hanson 1980, Martin-Prevel 1978), dan berperan dalam proses fotosintesis, peningkatan LAI (*leaf area index*) dan tumbuh, serta meningkatkan translokasi fo-

tosintat dari sumber ke penerima. Namun berapa dosis NPK yang optimum untuk produksi umbi benih bawang merah berkualitas yang tinggi, perlu diteliti.

Agar jumlah dan bobot umbi bawang merah yang dihasilkan tinggi, maka pertumbuhan tanaman harus cepat dan baik. Tanaman perlu input pupuk NPK sebagai sumber energi untuk proses pertumbuhannya (Gardner *et al.* 1985). Aplikasi pupuk NPK dapat dilakukan dengan berbagai cara. Teknologi petani, yaitu dengan dosis pupuk 100-200 kg/ha N + 150-200 kg/ha

P_2O_5 + 60-100 kg/ha KCl. Dosis pupuk berimbang dengan aplikasi 180 kg/ha N + 90 kg/ha TSP + 50 kg/ha K_2O (Suwandi dan Hilman 1995 dalam: Sunaryono *et al.* 1995). Teknologi lainnya yaitu aplikasi pupuk majemuk NPK 15-15-15 dosis 800 kg/ha (Wibowo 1991). Namun teknologi tersebut tampak boros dan terlampaui banyak input pupuk buatan yang tidak mendukung pertanian berkelanjutan. Selain itu perakaran bawang merah pendek. Mungkin meskipun jumlah pupuk yang diberikan mencukupi atau bahkan telah berlebih, namun pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan hasil umbi bawang merah, tidak maksimal. Hal ini karena pupuk yang diberikan tidak diserap secara efisien oleh tanaman bawang merah akibat perakaran bawang merah yang berukuran pendek, sehingga pupuk NPK yang diberikan di sekitar perakaran, sulit terjangkau. Selain itu berbagai nilai faktor lingkungan abiotik berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman pada akhirnya (Sale 1974, Susnochi dan Shimski 1985). Karena itu perlu melakukan berbagai alternatif inovasi teknologi pemupukan bawang merah.

Salah satu cara untuk mengatasi masalah perakaran yang pendek ini, perlu mengintensifkan fungsi akar dan meningkatkan efisiensi serapan unsur hara, yaitu menggunakan jasa pupuk hayati cendawan mikoriza arbuskular (CMA).

Pupuk hayati mikoriza merupakan agens bioteknologi dan bioprotektor yang ramah lingkungan serta mendukung konsep pertanian berkelanjutan. Cendawan mikoriza arbuskular merupakan simbiosis obligat yang memerlukan fotosintat dari tanaman inang (dalam hal ini tanaman bawang merah) untuk pertumbuhan hifanya. Hifa yang menembus tanaman inang, membantu mendekatkan unsur hara dari zona rizosfer tanaman inang sehingga pertumbuhan dan perkembangan tanaman inang lebih cepat. Aplikasi pupuk hayati mikoriza yang dikombinasikan dengan NPK 15-15-15 pada plantlet tanaman kentang, mampu meningkatkan kecepatan tumbuh, hasil, dan kualitas umbi kentang (Pandan *et al.* 1999). Pada tanaman kangkung darat yang ditanam pada media *tailing* (bekas pertambangan), pupuk hayati mikoriza juga meningkatkan pertumbuhan dan hasil kangkung (Parulian *et al.* 1999).

Sifat bawang merah yang mempunyai perakaran pendek, maka aplikasi CMA me-

ungkinkan dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil umbi. Namun berapa dosis inokulum CMA dan dosis NPK 15-15-15 yang sesuai untuk produksi umbi bawang merah, serta spesies CMA yang spesifik untuk bawang merah, perlu diteliti. Dari kajian ini, memungkinkan di masa depan dapat memanfaatkan spesies CMA yang tepat guna serta dapat menyusun formula CMA yang spesifik untuk tanaman bawang merah, sehingga konsep pertanian yang berwawasan lingkungan dan berkelanjutan dapat terwujud.

Penelitian bertujuan mendapatkan kombinasi aplikasi pupuk NPK 15-15-15 dan pupuk hayati CMA yang sesuai untuk meningkatkan hasil dan kualitas umbi bawang merah. Pertumbuhan dan hasil umbi bawang merah meningkat dengan aplikasi pupuk NPK 15-15-15 dan pupuk hayati Mycofer dosis yang tepat.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Rumah Kaca Balai Penelitian Tanaman Sayuran Lembang (1.250 m dpl) dari bulan Juli sampai Oktober 2001. Rancangan percobaan menggunakan petak terpisah dengan 3 ulangan. Petak utama dosis pupuk NPK 15-15-15, B, yaitu (b_0) 0 g NPK sebagai kontrol, (b_1) 2,5 g NPK, dan (b_2) 5,0 g NPK. Anak petak dosis pupuk hayati mikoriza (H), yaitu (h_1) 2,5 g, (h_2) 5,0 g, dan (h_3) 7,5 g. Semua dosis pupuk tersebut per tanaman.

Umbi benih bawang merah kultivar Menteng berukuran besar (>5 g per umbi) ditanam pada polibag berisi 2 kg media tumbuh steril (dipasteurisasi selama 5 jam pada temperatur $\pm 90^\circ C$), dan diletakkan di rumah kaca. Media tumbuh terdiri atas campuran pupuk kandang ayam + tanah halus (1:3).

Pupuk hayati mikoriza Mycofer diaplikasikan 1 kali pada saat tanam dan diletakkan di bawah umbi benih pada rizosfer (zona perakaran). Pupuk NPK 15-15-15 diaplikasikan 2 kali pada saat tanam dan 30 hari kemudian yang diletakkan di sekeliling umbi benih.

Tanaman dipelihara secara intensif. Pencegahan terhadap serangan hama-penyakit menggunakan insektisida yang sesuai untuk hama penting yang menyerang tanaman bawang merah. Fungisida yang digunakan, yaitu fungisida yang

sesuai dan bersifat sistemik, yaitu Anvil 50 SC dengan bahan aktif heksakonazol 50 g/l, serta fungisida kontak, yaitu Agrisan 60 WP dengan bahan aktif klorotalonil 60% (Komisi Pestisida 2000) secara bergantian dengan aplikasi fungisida sistemik maksimum sebanyak 3 kali selama pertumbuhan tanaman. Frekuensi aplikasi pestisida dilakukan bila telah terjadi serangan hama-penyakit ringan.

Umbi bawang merah dipanen pada saat batang semu telah roboh (± 80 HST). Pupuk hayati mikoriza Mycofer dikemas dalam medium berupa zeolit sebagai pembawa, mengandung 4 spesies, yaitu *Glomus manihotis*, *Glomus etunicatum*, *Gigaspora margarita*, dan *Acaulospora tuberculata* dengan kepadatan spora +/- 100 per 1 g zeolit (Setiadi dan Prematurni *Komunikasi Pribadi* 2000). Spora diisolasi dengan metode Tuang-Saring Basah (Gerdemann dan Nicolson 1963). Identifikasi spora berdasarkan morfologi spora dengan metode Almeida dan Schenek (1990).

Peubah yang diukur dan dianalisis meliputi (1) analisis tumbuh pada 40 HST (tinggi tanaman, luas daun, dan bobot kering tanaman), (2) analisis tanaman pada 40 HST (kandungan unsur hara N, P, dan K tanaman), (3) hasil umbi benih saat panen (jumlah umbi anakan, bobot individu

umbi, bobot umbi per tanaman dan bobot umbi total), (4) kandungan bahan kering umbi saat dipanen, (5) analisis derajat infeksi mikoriza, (6) jumlah spora mikoriza yang terdapat pada rizosfer setelah umbi dipanen, dan (7) identifikasi spesies mikoriza yang hidup berasosiasi dengan tanaman bawang merah (diambil dari tanah rizosfer tanaman bawang merah setelah umbi dipanen).

Data hasil penelitian dianalisis ragam pada P 0,05 dan dilanjutkan dengan uji beda perlakuan menggunakan Uji Jarak Berganda Duncan pada P 0,05.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis ragam mengungkapkan terjadi interaksi antara aplikasi pupuk buatan NPK 15-15-15 dengan pupuk hayati mikoriza terhadap peubah persentase infeksi akar, jumlah spora mikoriza yang terdapat pada rizosfer (Tabel 1), kandungan N,P,K tanaman (Tabel 3), dan pertumbuhan tanaman (Tabel 4). Namun tidak terjadi interaksi terhadap hasil umbi bawang merah (Tabel 5) dan kandungan bahan kering umbi bawang merah (Tabel 6).

Infeksi Akar, Jumlah Spora, dan Spesies Mikoriza

Tabel 1. Interaksi antara pupuk NPK 15-15-15 dan pupuk hayati mikoriza terhadap persentase infeksi akar dan jumlah spora mikoriza pada rizosfer tanaman bawang merah (*Interaction effects between NPK 15-15-15 and mycorrhizal biofertilizer on percentage of mycorrhizal infection on shallot roots and number of mycorrhizal spores at rhizosphere of shallot plants*)

Dosis pupuk hayati mikoriza (Mycorrhizal biofertilizer) g/tanaman (plant)	Infeksi mikoriza (%mycorrhizal infection)			Spora mikoriza (%mycorrhizal spores on roots)		
	Dosis (Dose) g/tanaman (plant)			Dosis (Dose) g/tanaman (plant)		
	NPK 15-15-15			NPK 15-15-15		
	b ₀	b ₁	b ₂	b ₀	b ₁	b ₂
	NPK 00	NPK 25	NPK 50	NPK 00	NPK 25	NPK 50
b ₀ 2,5	20,43 a ¹	35,70 a ¹	23,33 a ¹	2,33 a ¹	6,00 b	6,33 a ¹
	(n)	(n)	(n)	(n)	(b)	(n)
b ₁ 5,0	2,00 ab	11,37 b	9,72 b	2,00 b	11,07 a	6,00 a
	(n)	(n)	(n)	(b)	(a)	(n)
b ₂ 7,5	4,37 b	1,27 c	1,40 c	6,00 b	4,67 c	3,67 b
	(n)	(n)	(n)	(n)	(b)	(n)
KK (CV), %	19,74			4,29		
	8 ^{ns} ; 8 ^{ns} ; 84 ^{ns}			8 ^{ns} ; 8 ^{ns} ; 84 ^{ns}		

KK (CV) = koefisien keragaman (Coefficient of variation)

tn (ns) = tidak nyata (Nonsignificant)

n (s) = nyata (Significant).

Dari Tabel 1, persentase derajat infeksi akar oleh mikoriza tertinggi berasal dari aplikasi pupuk NPK 15-15-15 dosis 2,5 g/tanaman yang dikombinasikan dengan aplikasi pupuk hayati mikoriza 2,5 g/tanaman, yakni 35,70% (b_1h_1). Semakin tinggi dosis NPK15-15-15 dan dosis pupuk hayati mikoriza semakin rendah persentase derajat infeksi akar bawang merah oleh cendawan mikoriza (b_2h_3). Mikoriza dosis 2,5 g/tanaman lebih responsif menginfeksi akar tanaman bawang merah pada pemberian pupuk NPK 15-15-15 dosis 2,5 g/tanaman, yakni 35,70 % (b_1h_1). Jadi tingkat infeksi mikoriza pada akar berkorelasi negatif dengan kandungan NPK dalam tanah. Hal ini terjadi karena pada tingkat kesuburan tanah tinggi, maka mikoriza kurang responsif menginfeksi akar tanaman inang. Aplikasi pupuk hayati mikoriza pada tanaman kentang yang tidak dipupuk, mampu meningkatkan jumlah dan bobot/umbi konsumsi (>40 g/umbi) berturut-turut sebesar 50 dan 98% (Pandan *et al.* 1999).

Jumlah spora mikoriza yang terdeteksi pada rizosfer bawang merah yang terbanyak berasal dari aplikasi pupuk NPK 15-15-15 dosis 2,5 g/tanaman dikombinasikan dengan aplikasi pupuk hayati dosis 5 g/tanaman, yakni 11,67 spora (b_1h_2). Hal ini ada kaitannya dengan spesies mikoriza yang menginfeksi akar bawang merah, yaitu dari perlakuan tersebut (b_1h_2) teridentifikasi spesies mikoriza *Gigaspora* sp. (Tabel 2). Sedangkan dari perlakuan lainnya masing-masing umumnya terinfeksi oleh spesies mikoriza *Glomus* sp. berwarna hitam atau *Glomus* sp. lainnya yang berbeda. Hal ini terjadi, mungkin karena tanaman bawang merah merupakan inang yang sesuai untuk mikoriza *Gigaspora* sp. (Tabel 1). yang dipupuk NPK 15-15-15 dosis 2,5 g/tanaman.

Pada formula pupuk hayati mikoriza yang diteliti, tersusun 4 spesies mikoriza, yaitu *G. manihotis*, *G. etunicatum*, *Gi. margarita*, dan *A. tuberculata* (Setiadi dan Prematuri 2000. Komunikasi Pribadi). Namun, dari hasil penelitian ini yang berhasil berasosiasi dengan tanaman bawang merah hanya 3 spesies mikoriza saja, yaitu 2 spesies *Glomus* sp. dan *Glomus* sp. hitam, serta *Gigaspora* sp. Sedangkan *A. tuberculata* tidak terdeteksi lagi pada akhir penelitian. Hal ini mungkin karena *A. tuberculata* tidak menyukai tanaman bawang merah, sehingga tidak terjadi infeksi dan penetrasi ke dalam akar tanaman bawang merah. Pada akhirnya *A. tuberculata* mati. Masalah preferensi spesies mikoriza terhadap suatu spesies tanaman sayuran tertentu, telah dibuktikan dari hasil penelitian, yaitu ditemukan *Glomus* sp. pada rizosfer tanaman bawang merah yang ditanam di dataran medium Tambakan (600 m dpl), Kabupaten Subang. Hubungan simbiotik antara cendawan mikoriza tertentu terjadi karena informasi spesifik yang dihasilkan oleh akar tanaman untuk menarik mikoriza agar dapat bersimbiosis dengannya. Proses diawali dari perkecambahan spora dan pertumbuhan hifa mikoriza, dan diakhiri dengan terinfeksi akar tanaman (Koske dan Gemma 1992). Akar tanaman bawang merah diduga mengeluarkan eksudat yang berbentuk gas. Eksudat dapat larut dalam air, atau molekul yang terikat pada permukaan akar yang bertanggung jawab mengenai terbentuknya simbiosis ini (Anderson 1988). Hasil penelitian Muas dan Meldia (2004) mengungkapkan bahwa *A. tuberculata*, *G. etunicatum*, dan *G. margarita* ternyata menyukai berasosiasi serta menginfeksi akar bibit pepaya >76%. Jadi tanaman pepaya merupakan inang yang disukai oleh mikoriza

Tabel 2. Spesies-spesies mikoriza yang hidup menginfeksi akar bawang merah (*Species of mycorrhizal fungi survival that infected shallot roots*)

Dosis pupuk mikoriza Mycorrhizal fungi g/tanaman (pupuk)	Dosis pupuk NPK15-15-15 g/tanaman (pupuk)		
	b_1 0,0	b_1 2,5	b_2 5,0
b_1 2,5	<i>Glomus</i> sp. Hitam (deteksi)'	<i>Glomus</i> sp. '	<i>Glomus</i> sp. Hitam (deteksi)'
b_2 5,0	<i>Glomus</i> sp. Hitam (deteksi)	<i>Gigaspora</i> sp.	<i>Glomus</i> sp.
b_1 2,5	<i>Glomus</i> sp.	<i>Glomus</i> sp. Hitam (deteksi)'	<i>Glomus</i> sp. (bawar/deteksi)'

* Isolasi dan identifikasi cendawan mikoriza dilakukan di Lab Bioteknologi Kehutanan PAU-IPB (*Isolation and identification of mycorrhizal fungi was conducted at Forest Biotechnology Laboratory, Inter University Center for Biotechnology, Bogor Institute of Agriculture*).

A. tuberculata dibandingkan dengan tanaman bawang merah. Sedangkan *G. margarita* dan *G. etunicatum* menyukai berasosiasi dengan tanaman bawang merah dan pepaya sebagai tanaman inangnya.

Kandungan NPK Tanaman dan Pertumbuhan Tanaman

Dari Tabel 3, dapat dilihat bahwa aplikasi pupuk NPK 15-15-15 dosis 2,5 g/tanaman dikombinasikan dengan pupuk hayati mikoriza 5 g/tanaman, menghasilkan nilai kandungan N,P tanaman bawang merah yang tertinggi (b_1h_2). Kandungan K tanaman bawang merah tertinggi berasal dari aplikasi pupuk NPK 15-15-15 dosis 5,0 g/tanaman dikombinasikan dengan pupuk hayati 2,5 g/tanaman. Namun aplikasi pupuk hayati saja dengan dosis 5 g/tanaman atau aplikasi pupuk NPK 15-15-15 dosis 2,5 g/tanaman dengan pupuk hayati 7,5 g/tanaman, adalah nyata meningkatkan kandungan K tanaman bawang merah. Tampaknya terjadi suatu komposisi dosis aplikasi antara pupuk NPK 15-15-15 dan pupuk hayati, yaitu kandungan K tanaman bawang merah tertinggi dengan komposisi dosis aplikasi NPK 15-15-15 yang tertinggi (dalam hal ini 5,0 g/tanaman) dan dosis pupuk hayati yang terendah dalam hal ini 2,5 g/tanaman, yakni 586,74 mg/tanaman. Artinya bila NPK 15-15-15 yang diberikan tinggi dosisnya, maka penambahan

kombinasi pupuk hayati mikoriza cukup dengan dosis rendah (b_2h_1). Namun bila NPK 15-15-15 yang diaplikasikan dosisnya lebih rendah yaitu 2,5 g/tanaman, maka penambahan pupuk hayati mikoriza harus lebih tinggi yaitu 7,5 g/tanaman (b_1h_3). Namun aplikasi pupuk hayati mikoriza saja dosis 5 g/tanaman tanpa penambahan pupuk NPK 15-15-15 juga cukup dapat menghasilkan kandungan unsur hara K tanaman bawang merah yang tinggi (b_0h_2). Kandungan unsur hara N,P,K tanaman bawang merah yang tinggi ini akibat serapan unsur hara tersebut yang juga tinggi oleh aktivitas cendawan mikoriza yang terkandung dalam formula pupuk hayati yang mengandung spesies-spesies mikoriza dan ditunjang oleh tersedianya unsur hara NPK yang optimal yang diberikan tanah sekitar tanaman bawang merah. Hasil penelitian ini bersesuaian dengan hasil penelitian aplikasi pupuk mikoriza pada bibit pepaya, yaitu meningkatkan serapan unsur hara NPK tanaman pepaya (Muas 2003).

Asosiasi mikoriza dengan tanaman bersifat saling menguntungkan. Tanaman menyediakan sumber energi berupa karbon melalui fotosintat (Koide *et al.* 1988), sedangkan mikoriza memperluas permukaan akar untuk menyerap unsur hara (Khalil *et al.* 1994) dan air (Elias dan Safir 1987, Bethlenfalvay *et al.* 1988, 1989), serta menghasilkan metabolit yang dapat melarutkan unsur hara P terikat (Kape *et al.* 1992).

Tabel 3. Interaksi antara pupuk NPK 15-15-15 dan pupuk hayati mikoriza terhadap kandungan N, P, K tanaman bawang merah pada 40 HST (Interaction effects between NPK 15-15-15 and mycorrhizal biofertilizer on N,P,K content of shallot plants at 40 DAP)

Dosis pupuk mikoriza (g/tanaman) / Dose of biofertilizer (g/tanaman)	Kandungan (Content) N mg/tanaman (g/ton)			Kandungan (Content) P mg/tanaman (g/ton)			Kandungan (Content) K mg/tanaman (g/ton)		
	Dosis (Dose) / NPK 15-15-15 g/tanaman (g/ton)								
	g/tanaman (g/ton)								
	b_0	b_1	b_2	b_0	b_1	b_2	b_0	b_1	b_2
	NPK 0,0	NPK 1,5	NPK 3,0	NPK 0,0	NPK 1,5	NPK 3,0	NPK 0,0	NPK 1,5	NPK 3,0
h_1 1,5	412,11 b ^a (b)	501,71 c ^a (a)	502,11 b ^a (a)	71,63 c ^a (b)	88,51 b ^a (b)	88,51 c ^a (a)	60,90 b ^a (c)	81,56 c ^a (b)	586,74 a ^a (b)
h_2 3,0	617,89 a (b)	501,71 c (a)	502,11 c (c)	51,76 a (b)	88,51 b (b)	76,15 b (c)	50,61 a (b)	51,25 b (c)	75,18 c (c)
h_3 7,5	604,51 a (b)	601,51 b (b)	771,69 a (c)	81,68 b (b)	1,71 c (b)	71,61 c (c)	59,99 b (b)	586,74 a (b)	672,1 b (b)
KK (%)	1,21 B^{**}, H^{**}, BH^{**}			0,91 B^{**}, H^{**}, BH^{**}			0,01 B^{**}, H^{**}, BH^{**}		

KK (CV) = Koefisien keragaman (Coefficient of variation),
n (s) = Nyata (Significant),
HST (DAP) = Hari setelah tanam (Days after planting).

Dengan tersedianya unsur hara NPK yang cukup akibat hasil kerja mikoriza yang membantu mendekatkannya untuk dapat diserap oleh akar tanaman bawang merah yang pendek, akan menunjang pertumbuhan tanaman yang lebih baik. Hal ini tampak dari Tabel 4, bahwa aplikasi pupuk NPK 15-15-15 dosis 2,5 g/tanaman yang dikombinasikan dengan pupuk hayati mikoriza dosis 5,0 g/tanaman, mengakibatkan tanaman bawang merah yang tertinggi (b_2h_2). Namun, aplikasi pupuk hayati mikoriza saja tanpa NPK 15-15-15, juga dapat menghasilkan tanaman yang tinggi. Mikoriza responsif pada tanah yang tidak diberi pupuk NPK 15-15-15 (b_0h_1). Luas daun nyata meningkat oleh aplikasi pupuk NPK 15-15-15 dosis 2,5 g/tanaman dikombinasikan dengan pupuk hayati mikoriza 5,0 g/tanaman, yakni 177,44 cm² (b_1h_2). Bahkan tanpa pemberian pupuk NPK 15-15-15 pun, maka aplikasi pupuk hayati mikoriza dosis 2,5 sampai 5,0 g/tanaman meningkatkan luas daun, yakni 165,85 dan 188,86 cm². Jadi mikoriza responsif pada tanaman tanpa dipupuk NPK 15-15-15 (b_0h_1 dan b_0h_2).

Daun merupakan organ fotosintesis yang menghasilkan fotosintat untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Dengan luas daun

yang nyata meningkat dari perlakuan tersebut (b_1h_2 , b_0h_1 , dan b_0h_2), menghasilkan pertumbuhan bawang merah yang juga meningkat.

Hasil dan Kualitas Umbi

Secara bebas, hasil bobot individu umbi yang tertinggi berasal dari aplikasi pupuk NPK 15-15-15 dosis 2,5 g/tanaman. Bila menggunakan pupuk hayati mikoriza, maka dosis aplikasi 2,5 g/tanaman nyata meningkatkan bobot individu umbi (Tabel 5).

Bobot umbi per rumpun tanaman dan bobot total umbi nyata meningkat oleh aplikasi pupuk NPK 15-15-15 dosis 2,5 dan 5,0 g/tanaman. Dengan aplikasi pupuk NPK 15-15-15 dosis tersebut, pertumbuhan dan hasil umbi meningkat. Sedangkan bila menggunakan pupuk hayati mikoriza, bobot umbi per rumpun tanaman dan bobot total umbi nyata meningkat dengan dosis 2,5 dan 5,0 g/tanaman (Tabel 5). Mikoriza terbukti membantu mengambil unsur hara dan air sehingga pertumbuhan dan hasil bobot umbi individu, bobot umbi per tanaman, dan bobot total umbi meningkat.

Terhadap kualitas umbi (kandungan bahan kering), secara bebas, aplikasi pupuk NPK 15-15-15 saja dosis 0,0 sampai 5,0 g/tanaman atau

Tabel 4. Interaksi antara pupuk NPK 15-15-15 dan pupuk hayati mikoriza terhadap tinggi tanaman, luas daun, dan jumlah umbi anakan tanaman bawang merah pada 70 HST (*Interaction effects between NPK 15-15-15 and mycorrhizal biofertilizer on plant height, leaf area, and bulb number of shallot plants at 70 DAP*)

Dosis pupuk NPK 15-15-15 (g/tanaman)	Tinggi tanaman rata-rata (cm)			Luas daun rata-rata (cm ²)			Jumlah umbi per tanaman (di atas 1 cm)		
	Tanaman tanpa mikoriza			Tanaman dengan mikoriza			Tanaman tanpa mikoriza		
	0,0	2,5	5,0	0,0	2,5	5,0	0,0	2,5	5,0
b_0h_1	110,00 a	110,00 a	110,00 a	110,00 a	110,00 a	110,00 a	110,00 a	110,00 a	110,00 a
b_0h_2	110,00 a	110,00 a	110,00 a	110,00 a	110,00 a	110,00 a	110,00 a	110,00 a	110,00 a
b_1h_1	110,00 a	110,00 a	110,00 a	110,00 a	110,00 a	110,00 a	110,00 a	110,00 a	110,00 a
b_1h_2	110,00 a	110,00 a	110,00 a	110,00 a	110,00 a	110,00 a	110,00 a	110,00 a	110,00 a
b_2h_1	110,00 a	110,00 a	110,00 a	110,00 a	110,00 a	110,00 a	110,00 a	110,00 a	110,00 a
b_2h_2	110,00 a	110,00 a	110,00 a	110,00 a	110,00 a	110,00 a	110,00 a	110,00 a	110,00 a
Rata-rata	110,00	110,00	110,00	110,00	110,00	110,00	110,00	110,00	110,00

Tabel 5. Bobot segar umbi bawang merah kultivar Menteng yang dipupuk NPK 15-15-15 dan pupuk hayati mikoriza (*Fresh weight of shallot bulbs cultivar Menteng treated by NPK 15-15-15 and mycorrhizal biofertilizer*)

Tperlakuan (Treatment)	Bobot individu umbi (Individual bulb weight) g/umbi (bulb)	Bobot umbi per rumpun tanaman (Bulb weight per plant) g/tanaman (plant)	Bobot total umbi (Total bulb weight) kg/ha
Dosis pupuk (<i>Fertilizer dosage</i>) NPK 15-15-15, B			
g/tanaman (plant)			
b ₀ 0,0	3,82 b ¹	32,71 b ¹	8,17 b ¹
b ₁ 2,5	442 a	42,51 a	10,63 a
b ₂ 5,0	238 c	40,06 a	10,02 a
Dosis pupuk mikoriza (<i>Mycorrhizal biofertilizer</i>), H			
g/tanaman (plant)			
b ₁ 2,5	4,58 a ¹	40,97 a ¹	10,24 a ¹
b ₂ 5,0	3,21 b	39,38 a	9,85 ab
b ₃ 7,5	3,24 b	34,94 b	8,24 b
KK (CV), %	3,09	12,07	12,06
	B ^{a,b} , H ^{a,b} , BH ^{a,b}	B ^{a,b} , H ^{a,b} , BH ^{a,b}	B ^{a,b} , H ^{a,b} , BH ^{a,b}

Tabel 6. Persentase kandungan bahan kering umbi dan bobot kering tanaman bawang merah kultivar Menteng yang dipupuk NPK 15-15-15 dan pupuk hayati mikoriza (*Percentage of dry matter content of shallot bulbs cultivar Menteng treated by NPK 15-15-15 and mycorrhizal biofertilizer*)

Tperlakuan (Treatment)	Kandungan bahan kering umbi (Dry matter content of shallot bulb, %)	Bobot kering tanaman (Dry weight of shallot plant) g/tanaman (plant)
Dosis pupuk (<i>Fertilizer dosage</i>) NPK 15-15-15		
g/tanaman (plant)		
b ₀ 0,0	20,09 a ¹	2,32 b ¹
b ₁ 2,5	20,92 a	3,45 a
b ₂ 5,0	18,27 a	2,34 b
Dosis pupuk mikoriza (<i>Mycorrhizal biofertilizer</i>), H		
b ₁ 2,5	21,08 a ¹	3,37 a ¹
b ₂ 5,0	19,89 a	2,97 a
b ₃ 7,5	18,32 a	1,57 b
KK (CV), %	3,07	27,38
	B ^{a,b} , H ^{a,b} , BH ^{a,b}	B ^{a,b} , H ^{a,b} , BH ^{a,b}

aplikasi pupuk hayati mikoriza Mycofer saja dengan dosis 2,5 sampai 7,5 g/tanaman, tidak meningkatkan kandungan bahan kering umbi, atau kualitas umbi yang dihasilkan sama saja. Aplikasi kedua jenis pupuk tersebut tidak berpengaruh terhadap kandungan bahan kering/ kualitas umbi (Tabel 6). Hal ini terjadi karena mungkin kedua

jenis pupuk tersebut tidak berpengaruh langsung terhadap peningkatan kualitas umbi, tetapi terhadap serapan unsur hara N,P,K dan pertumbuhan tanaman kentang.

KESIMPULAN

1. Persentase infeksi akar bawang merah oleh cendawan mikoriza arbuskula yang tersusun pada formula pupuk hayati Mycofer, yang tertinggi berasal dari aplikasi pupuk NPK 15-15-15 dosis 2,5 g/tanaman dikombinasikan dengan CMA dosis 2,5 g/tanaman.
2. Jumlah spora yang terdeteksi pada rizosfer bawang merah yang terbanyak berasal dari aplikasi pupuk NPK 15-15-15 dosis 2,5 g/tanaman + pupuk hayati mikoriza 5,0 g/tanaman.
3. Spesies CMA yang berasosiasi dengan tanaman bawang merah, yaitu *Glomus* sp. hitam, *Glomus* sp., dan *Gigaspora* sp.
4. Aplikasi pupuk NPK 15-15-15 dikombinasikan dengan pupuk hayati mikoriza yang tepat, nyata meningkatkan kandungan unsur hara N, P, K, dan pertumbuhan tanaman bawang merah.
5. Bobot umbi bawang merah nyata meningkat oleh aplikasi pupuk NPK 15-15-15 dosis 2,5 sampai 5,0 g/tanaman yaitu setara dengan 400- 800 kg/ha NPK, atau oleh aplikasi pupuk hayati mikoriza Mycofer dosis 2,5-5,0 g/tanaman secara mandiri.

PUSTAKA

1. Almeida, R.T., and N.C. Scheck. 1990. A Revision of Genus *Sclerocystis* (Glomaceae), Glomale. *Mycologia* 82:703-714.
2. Anderson, A.J. 1988. Mycorrhizae Host Specificity and Recognition. *Phytopathol.* 78:375-378.
3. Bethlenfalvay, G.L., M.S. Brown, R.N. Ames, and R.S. Thomas. 1988. Effects of Drought on Host and Endophyte Development in Mycorrhizal Soybean in Relation to Water use and Phosphate Uptake. *Physiol. Plant.* 72:565-571.
4. _____, R.L. Fanson, and K.L. Mihara. 1989. The *Glycine-Glomus-Bradyrhizobium* symbiosis. IX. Nutritional, Morphological, and Physiological Responses of Nodulating Soybean to Geographic Isolates of Mycorrhizal Fungus *Glomus mossaei*. *Physiol. Plant.* 76:226-232.
5. Clarkson, D.T., and J.B. Hanson. 1980. The Mineral Nutrition of Higher Plants. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 31:239-298.
6. Dubetz, S., and J.B. Bole. 1975. Effects of Nitrogen, Phosphorus and Potassium Fertilizers on Yield Component and Specific Gravity of Potatoes. *Am. Potato J.* 52:399-405.
7. Elias, K.S., and G.R. Safir. 1987. Hyphal Elongation of *Glomus fasciculatum* in Response to Root Exudates. *Appl. Environ. Microbiol.* 53:1928-1933.
8. Gardner, F.P., R.B. Pearce, and R.L. Mitchell. 1985. *Physiology of Crop Plants*. The Iowa State University Press. Ames, Iowa 50010, USA.
9. Gledermann, J.W., and T.H. Nicolson. 1963. Spores of Mycorrhizal Endogen Species Extracted From Soil by Sieving and Decanting. *Trans. Er. Mycol. Soc.* 46:225-246.
10. Gunawan, O.S., E. Sumiati, dan K. Krama Dibrata. 2002. Isolasi, Identifikasi, dan Dokumentasi Cendawan Mikoriza Vascular-Arbuskular (CMVA) dari Tanah yang Ditanami Sayuran. dalam *Prosiding Seminar Mikoriza. Bandung 23 April 2001* Penyelenggara: AMI, Universitas Padjadjaran, BALITSA, PAU-Biotek IPB. Hlm.168-174.
11. Guerrero, M.G., J.M. Vega, and M. Losada. 1981. The Assimilatory Nitrate-Reducing System and its Regulation. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 32:169-204.
12. Kape, R., K.Wax, M. Paniske, E.George, K. Wetzel, and D.Werner. 1992. Legume Root Metabolites and VA-Mycorrhiza Development. *Plant Physiol.* 141:54-60.
13. Khalil, S., Th.E. Laynachan, and M.A.Tabatabai. 1994. Mycorrhizal Dependency and Nutrient Uptake By Improved and Unimproved Corn and Soybean Cultivars. *Agron. J.* 86:948-958.
14. Koide, R.T., M.Li, J. Lewis, and C. Irby. 1988. Role of Mycorrhizal Infection in the Growth and Reproduction of Wild vs. Cultivated oats. *Ecol.* 77:537-543.
15. Komisi Pestisida. 2000. *Pestisida untuk Pertanian dan Kehutanan*. Hlm. 5 dan 12.
16. Koske, R.E., and J.N. Gemma. 1992. Fungal Reaction to Plants Prior to Mycorrhizal Formation. In M.F. Allen (ed.). *Mycorrhizal Functioning*. Chapman and Hall. New York. pp:3-36.
17. Martin-Prevel, P. 1978. The Role of Nutrient Elements in Plants. *Fruits* 33(7-8):521-529.
18. Miflin, B.J., and P.J. Lea. 1977. Amino Acid Metabolism. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 28:299-329.
19. Muas, I. 2003. Peran Cendawan Mikoriza Arbuskular terhadap Peningkatan Serapan Hara oleh Bibit Pepaya. *J.Hort.* 13(2):105-113.
20. _____, dan Y. Meldia. 2004. Efek Inokulasi Cendawan Mikoriza Arbuskular terhadap Kolonisasi Akar dan Pertumbuhan Bibit Pepaya. *J. Hort.* 14(3):152-160.
21. Pandan, R. Wicaksono, dan R. Prematuri. 1999. Pengaruh Cendawan Mikoriza Arbuskular terhadap Peningkatan Produktivitas dan Nilai Gizi Umbi Kentang (*Solanum tuberosum* L.). *Kumpulan Abstrak Seminar Mikoriza I. Bogor 15-16 Nopember*. Hlm. 37.
22. Parulian, M.H.P., Karyono., Y. Setiadi, T. Supriatun, dan Y. Alkatiri. 1999. Pengaruh Mikoriza terhadap Pertumbuhan dan Serapan P pada Tanaman Kangkung Darat (*Ipomea reptans* Poir) di Media tailing P.T. Freeport Indonesia. *Kumpulan Abstrak Seminar Nasional Mikoriza I. Bogor 15-16 Nopember*. Hlm. 38.
23. Sale, P.J.M. 1974. Productivity of Vegetable Crops in Region of High Solar Input. II. Carbon Balance of Potato Crops. *Aust. J. Plant Physiol.* 1:283-296.

24. Sunaryono, H., Suwandi, A.H. Permadi, F. A. Bahar, S. Sulihanti, dan W. Broto. 1995. *Teknologi Produksi Bawang Merah*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta. Hlm.54.
25. Susnochi, M., and D. Shimashi. 1985. Growth and Yield Studies of Potato Development in a Semi-Arid Region. II. Effect of Water Stress and Amount of Nitrogen Top Dressing on Growth of Several Cultivars. *Potato Res.* 28:160-176.
26. Wibowo, S. 1991. *Budidaya Bawang. Bawang Putih, Bawang Merah, Bawang Bombay*. Penerbit Penebar Swadaya. Jakarta. Hlm.117.